

TANULMÁNYOK A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK KÖRÉBŐL

EGY KIRCHNERIELLA FAJ SEJTJEINEK NAGYMÉRVŰ FRAGMENTÁCIÓVAL TÖRTÉNŐ SZAPORODÁSÁRÓL

Írta: KISS ISTVÁN

Már beszámoltam azokról a vizsgálataimról (6, 7), amelyek szerint egyes zöld növényi mikroszervezetek (*Scenedesmus*, *Chlamydomonas*, *Ankistrodesmus*) kevésbé kedvező körülmények között jellegzetes sejtes szerkezetüket feladják, s viszonylag igen apró, 1—2 mikronos, zöld színű, további életre képes részecskékre esnek szét, amelyek nemcsak fotoszintézisre, hanem bizonyos fejlődésmenet befutásával szaporodásra is képesek. E gömb- vagy kiflialakú részecskéket előbbi munkáimban *hyperfragmentum*oknak neveztem, mivel képződésük nem sejtosztódással, hanem a sejt szétesése során túlságosan nagymérvű fragmentációval, olykor szinte a fénymikroszkópos látás határán lévő részecskékre való feldarabolódással megy végbe. E fragmentációs részecskék kedvező körülmények között regenerációra többnyire képesek; az eredetileg szétesett sejtekhez hasonló vagy azoktól többé-kevésbé eltérő sejtes organizációkká fejlődnek.

A harmincas évek közepétől már több ízben felfigyeltem erre az érdekes jelenségre. A természetben rendszerint vízvirágzás tömegprodukciók után jelenik meg. E sajátos szukcessziós jelenségre azonban csak 1951-ben tudtam megnyugtató választ adni, amikor is a *Scenedesmus* esetében a hyperfragmentáció folyamatát behatóan tanulmányozhattam [6]. E részecskék nagyon hasonlítanak egyes klorobaktériumokhoz, s azokkal könnyen összetéveszthetők. A bomló, kénhidrogénes iszapfelületeken, amelyekre az irodalom a klorobaktériumokat különösen jellemzőnek tartja, a sejtek széteséséből származó zöldes színű plazmagolyócskák különösen jellemzők. Ezeket ágáron már több ízben próbáltam tenyészteni, de egy esetben sem bizonyultak klorobaktériumoknak. Vagy sejtekké fejlődtek, azaz hyperfragmentumok, vagy pedig elpusztultak, vagyis életképtelen, a részfunkciókban is fokozatosan hanyatló szétesési termékeknek bizonyultak. Evvel kapcsolatban érdemes megemlíteni, hogy a klorobaktériumok mai rendszerében az egyik legjellegzetesebb és legrégibb fajt (*Chlorobium limicola*) maga a felfedezője, Nadson, igen bizonytalan jellegű objektumnak tekintette. Geitler—Pascher erről a következőket írják [3]: »Nach Nadson nimmt der Organismus eine Mittelstellung' . . . zwischen niederen einzelligen Chlorophyceen (wie z. B. die kleinsten Formen von *Stichococcus bacillaris*) und den Bakterien' ein.«

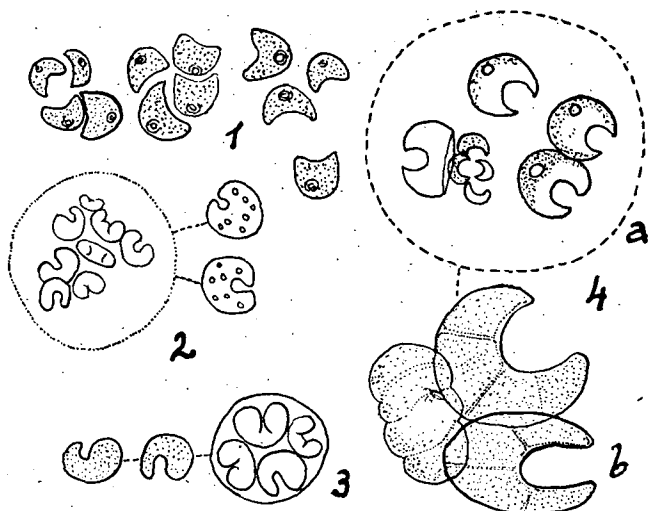
Cytológiai szempontból a hyperfragmentumok figyelmet érdemelnek, mivel a sejt fejlődéséhez, illetve a sejtes és nem sejtes állapotú plazma

értelmezéséhez újabb adatokat nyújthatnak. Eddigi vizsgálataim szerint ezek az 1—2 mikron nagyságú testecskék kidifferenciálódott sejtmagot nem tartalmaznak, a maganyagot csak diffúz eloszlásban lehet bennük kimutatni. Olykor azonban a részecskék többségében a Feulgen-féle reakcióval maganyag egyáltalán nem mutatható ki. Saját kategóriájukban tehát nem tekinthetők sejteknek, de nem is plazmadarabok, mert a golyó- vagy kiflialakú részecskék felületén elektronmikroszkópos felvételek segítségével finom, eléggé formatartó hártya mutatható ki. Regenerációs képességük különös jelentőségű, s e tekintetben a baktériumok nem sejtes vagy »víruszerű« formáival (avizuális formák, gonidiális generáció) vonhatók párhuzamba. A baktériumoknál *Perty* már több mint száz esztendővel ezelőtt (1852) észlelte, hogy a *Spirillum* sejteiből a mikroszkópos látás határán álló kis részecskék, »blastien«-ek képződnek, amelyek ismét *Spirillum* sejtekké képesek fejlődni. A baktériumok vírusszerűen szűrhető formái vegetatív osztódással szaporodhatnak, s ezáltal valamely baktérium huzamosabb időn keresztül is képes »avizuális« formájában megmaradni. Dezoxiribonukleinsavban igen gazdagok, enzimes tevékenységük csekély, de nagyfokú ellenállóképességgel rendelkeznek. Ezek is többnyire kedvezőtlen körülmények között jönnek létre, s biológiai jelentőségük elsősorban az, hogy az illető faj fennmaradását kedvezőtlen körülmények között is biztosítják. Feltételezhető, hogy a sejtszétetésből származó és regenerációra képes részecskék képződése a gombáknál is megtalálható. Schanderl azon közlései azonban, hogy egyes gombák és magasabbrendű növények sejteinek szétesése alkalmával a plazma baktériumokká alakul át [11, 12], nem igazolódott be. A szaporodásra és fejlődésre képes hyperfragmentumok nem tekinthetők egyszerű plazma- vagy plasztisz-daraboknak, mert a sejt egyes részeinek csak részleges működési képességük van. A plazmából ultracentrifugálással izolált mitochondriumok pl. tovább légzének [2, 9], vagy a növényi sejtek széttroncsolása után kikülönített kloroplasztiszok további oxigénprodukcióna is képesek [4, 10]. Mindez azonban nem jelent igazi életképességet. Az életképesség legbiztosabb ismerve a táptalajon való tenyésztetőség.

A hyperfragmentációnak már több formáját észleltem [6, 7]. A következőkben a *Kirchneriella obesa* sejtjeinél egy újabb típust, a sejt szétetésének felületi kiszakadásos vagy kimaródásos (»korróziós«) formáját mutatom be.

A *Kirchneriella* nemzetség a Chlorococcales rendbe tartozik, s fajának legfeltűnőbb jellemvonása a sejt félholdas vagy kifliszerű alakja (1. szövegközi kép). Nyálkaburok kiválasztását egyetlen esetben sem észleltem. Szaporodása autospórákkal történik, amelyek kettős harántosztódással jönnek létre. Ez ritkán észlelhető. Chodat kiflialakú autospórák kiszabadulásával szemlélteti a *Kirchneriella lunaris* szaporodását (1. szövegközi kép 4a). A *Kirchneriella* sejt alakjával megegyező autospórák képződését még egyetlen esetben sem észleltem. Eddigi vizsgálataim alkalmával még mindig azt tapasztaltam, hogy a sejt jellegzetes kifliszerű alakját fejlődéssel éri el. A fejlődés gömbalakú objektumból indul ki, s mint a későbbiekben látni fogjuk, az ún. horpadásos fragmentációval [8] bonyolódik le.

A vizsgálatoknál felhasznált *Kirchneriella obesa* a szatymazi »Őszeszek« szíkes jellegű biotopjából származott. Nevezett faj e helyen 1953 őszén egy vízvirágzást egyedül alakított ki. Vastag kifliszerű sejtjei 8—10 mikron hosszúak és 3—5 mikron szélesek. A behozott tenyészet néhány nap múlva pusztulni kezdett. Fagyasztás hatására a szétesés kissé fokozódott, s a részecskék vitalitása, fejlődőképessége is növekedett. Az I. tábla 1. mikrofelvevétele a tenyészet »pusztulásáról« készült. A sejtek szétesése eddig még nem észlelt módon, *felületi kiszakadásokkal*, »kimaródásokkal«, »korrózióval« következett be. Mint az »a—d« sejteknél látható, a »korrózió« felületi bemélyedéseket eredményez. Az »a« sejt a 2. mikrofelvételen kinagyítva

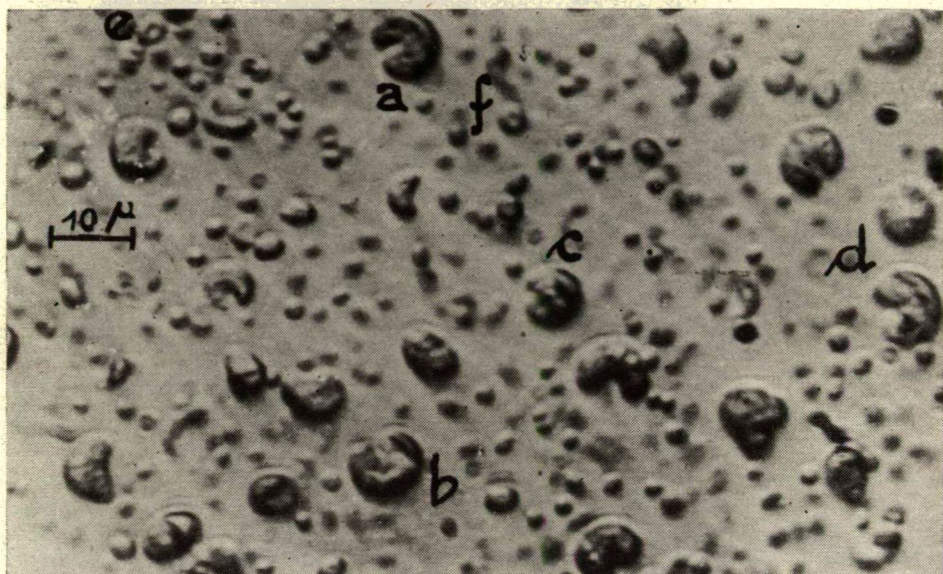


1. szövegközi kép: 1. *Kirchneriella malmeana*, 2. *K. obesa*, 3. *K. subsolitaria*, 4. *K. lunaris*, a = kolónia, b = osztódásban lévő sejtek.

látható. Ennek felületén három gödröcske tűnik fel. Hogy ezek valóban bemélyedések és nem kiemelkedések, bizonyítja az, hogy mindég a felső oldaluk árnyékolt, viszont a szabadon lévő golyócskáknál az árnyékolttság az alsó oldalra esik. Az 1. képen a »b« sejtéből már nagy darab hiányzik. A szétesés felületi jellegéből arra lehet következtetni, hogy a sejtek cellulózhártyája már feloldódott.

A *Kirchneriella* hyperfragmentumai élénkzöldek, gömb- vagy tojásalakúak, átmérőjük 1—2 mikron. Belsejükben sejtmaagszerű képlet nem mutatható ki; sőt a diffúz maganyag kimutatására irányuló Feulgen-féle reakció is többnyire eredménytelen maradt. A nagyobb, növekedésben lévő hyperfragmentumoknál már észlelhető a *Kirchneriella* morfogenezisének legjellemzőbb vonása, a horpadásra irányuló törekvés. Pl. az 1. kép »e« és »f« részecskéinél felületi horpadás látható, amely hamarosan excentrikusan kiszakad, s a részecske kifliszerű formát ölt. E jelenséget a *Scenedesmus* hyperfragmentumainál már leírtam.

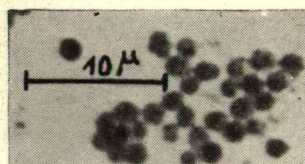
A részecskéket a pusztuló tenyészetéről centrifugálással leválasztottam és 1/50 hígítású Knop-oldatban tenyésztettem. Célszerű volt a kissé árnyékos tenyészhely biztosítása, mert így a testecskék lassan bár, de szaporod-



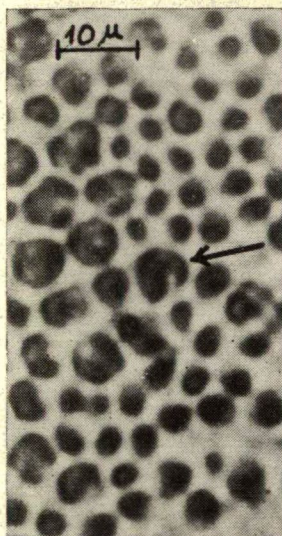
1



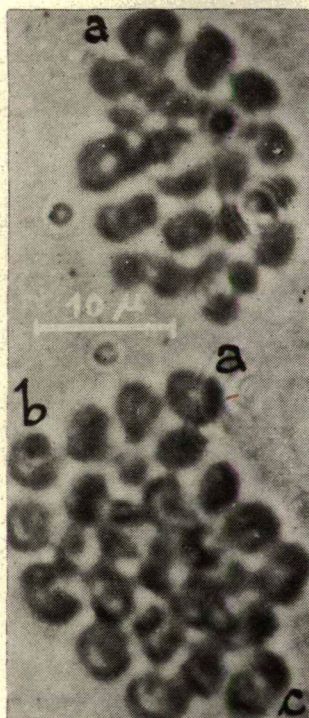
2



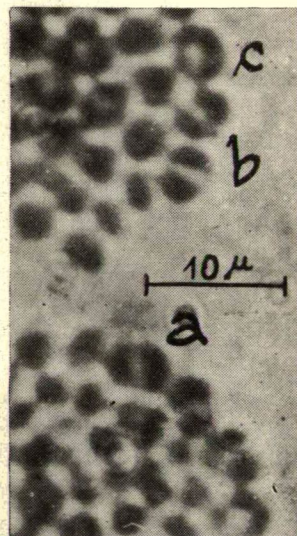
3



4



5



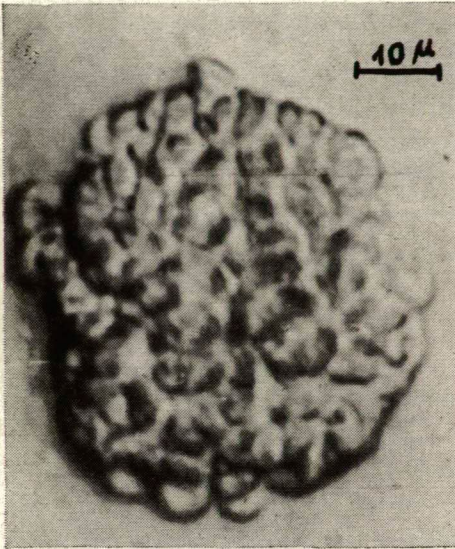
6

tak anélkül, hogy közben regenerálódtak volna sejtekké (3. kép). Jó fényviszonyok között a sejtek fejlődése megindult. A teljes regeneráció azonban csak ágár-lemezre való szélesztés nyomában indult meg. Legmegfelelőbbnek az 1/50 Knop-ágár mutatkozott. A szélesztést a Knop-oldatban nevelt hyperfragmentumok igen híg szuszpenziójával végeztem, s így többnyire sikerült elérni, hogy egymástól eléggé távol kerültek a testecskék, s belőlük önálló, az ágárfelületről könnyen kivehető telepek képződtek. Az ágárról izolált telepek feltárása által a sejtek fejlődési folyamata megfigyelhető és fényképezhető volt.

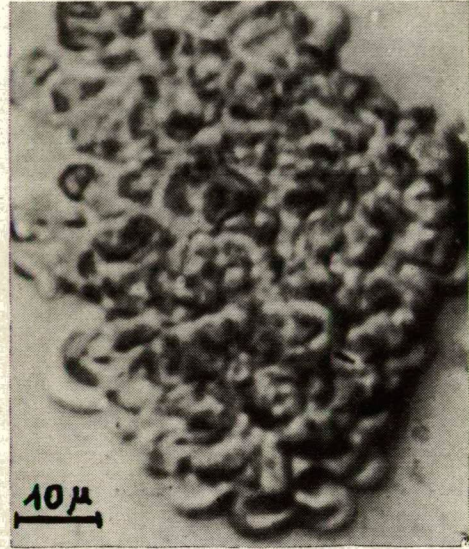
Az ágár felületén az egyes telepek fejlődésében különbségek mutatkoztak, s ez arra enged következtetni, hogy az egyes részecskék fejlődési képessége sem volt egyforma. A 4. képen látható telep olyan testecskéből fejlődött, amely igen gyors egymásutánban osztódva egy terjedelmes telepet alakított ki, az egyes fejlődő sejtek azonban viszonylag csak későn veszik fel a *Kirchneriella* sejt jellegét, azaz a horpadásos fragmentáció [8] ezeknél későn következik be. A kép bal szélén középtájon egy gömbalakú sejt látható, amely már laposodni kezd. Mellette jobbra lévő sejt már kilyukadt, amit a centrumban lévő világos folt bizonyít. Felette excentrikusan kiszakadt és közben ismét fragmentálódott sejtek tűnnek elő. Ez utóbbi folyamat révén a telep igen gyorsan terjeszkedik. A kép közepe táján egy megjelölt sejt látható, amelynek baloldali vége feltűnően vastag és tompa, jobboldali vége viszont feltűnően vékony és hegyes. Ez nyilván a szabálytalan excentrikus kiszakadás eredménye. Nem túlságosan gyakori jelenség. Ez az egyenlőtlen végű sejt már nem az eredeti *Kirchneriella obesa* típusa, sőt rendszertani szempontból egy másik fajjal, a *Kirchneriella subsolitaria*-val lehet azonosítani. A sejt horpadásos fragmentációval történő fejlődése folyamán tehát máris olyan változás állott be, amelyet pl. Brunthaler munkája alapján külön fajként tarthatnók számon. Itt azonban nyilvánvalóan fejlődésbeli elváltozásról van szó.

Az 5. és 6. képen látható telepek gyors fejlődési képességgel rendelkező testecskéből keletkeztek. Nem keletkeznek előzetesen nagyobb méretű és gömbalakú sejtek, »chlorelloidok«, hanem növekedésük közben hamar ellaposodnak, kilyukadnak majd kiszakadnak, s így már növekedésük kezdetén *Kirchneriella* jellegű sejtekké válnak. Pl. az 5. kép alsó telepének »a« sejtje kialakulóban lévő lyukas gömbalakú »chlorelloid«, viszont a »b« sejt, valamint a felső telep »a« sejtje már *Kirchneriella* jellegűek. Az alsó telep »c« sejtje bipoláris réselődéssel két kevésbé ívelt *Kirchneriella*-jellegű sejtje osztdott. Sajátságos, hogy egyes telepekben, mint pl. a 6. kép mindkét telepében, a bipoláris réselődés van túlsúlyban az excentrikus kiszakadással szemben (alsó telep »a«, felső telep »b« jelzésénél). A felső telep »c« sejtje több részre fragmentálódik. Az előbbi példák eléggé szemléletesen bizonyítják, hogy a sejtek fejlődésében egyazon telepen belül is, vagyis feltehetőleg egyazon hyperfragmentumból kialakulva, jelentős változékonyság mutatkozik.

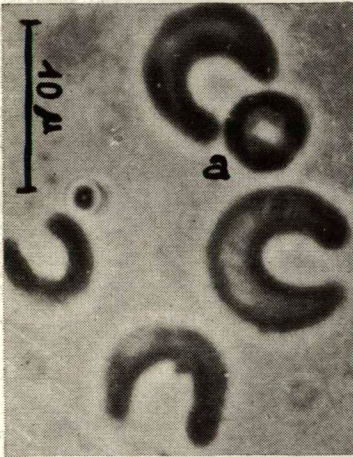
Az ágárra szélesztett hyperfragmentumokból néhány hét alatt vastag, tömött, olykor valósággal kipárnásodó sejthalmazok alakulnak. Az előbbiekben (4—6. mikrofelvétel) már láttuk, hogy ennek a fejlődés közben bekövetkező ismételt fragmentálódás az oka. A II. tábla 7. mikrofelvételén látható telep öt hét alatt alakult ki. A 8. kép fejlődése hatodik hetében lévő



7



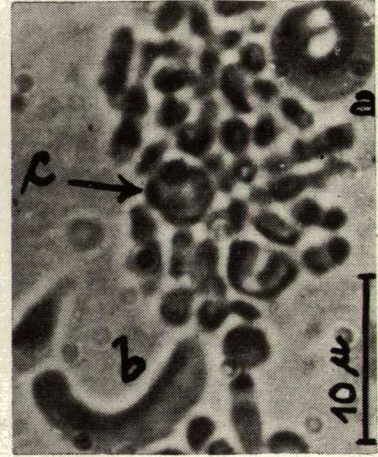
8



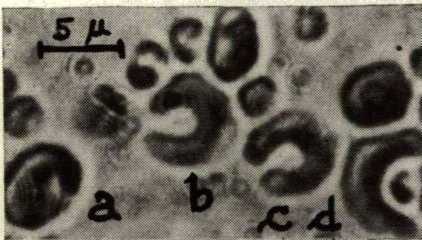
9



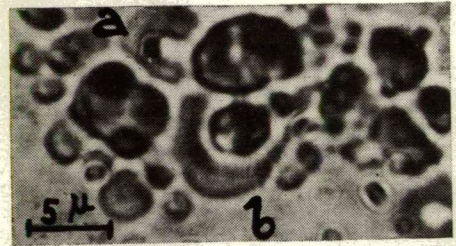
10



11



12



13

telepet ábrázol. Sejtjei — mint a peremi részeken látszik — karcsúbbak a kiindulási *Kirchneriella obesa* sejtjeinél.

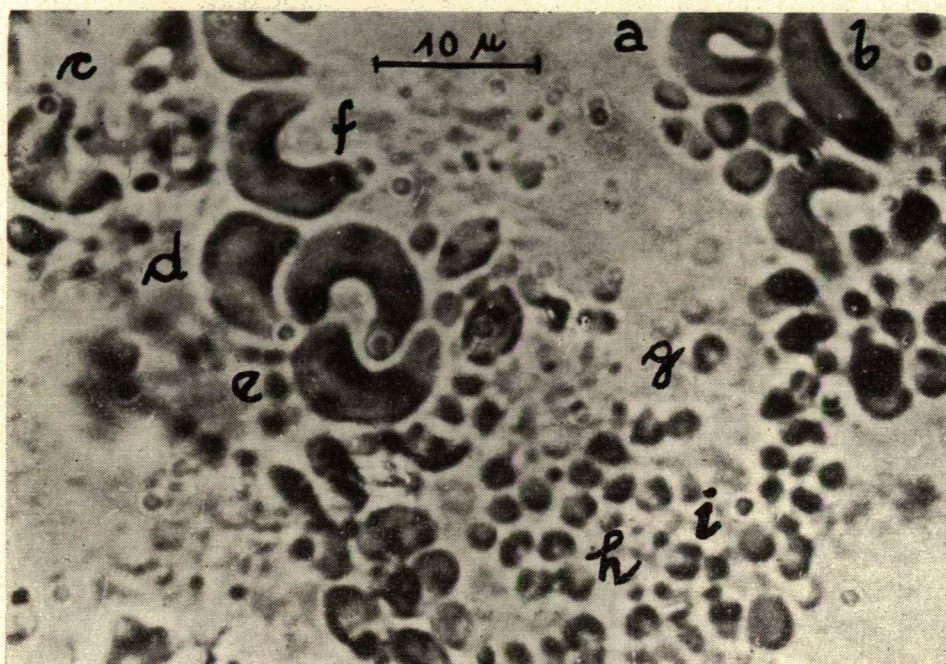
A telepek belsejében végbemenő folyamatok a tömött telepek szétbontásával voltak feltárhatók. A szűk tér, a szorosan egymás mellett álló sejtek kölcsönhatása, az egyenlőtlen tápanyagellátás stb. olyan tényezők, amelyek a sejtek morfológiájában és fejlődésmenetében egyaránt tükröződtek. Az észlelték a következőképpen csoportosíthatók:

1. A telepek belsejében a sejtek mérete és alakja változó, s jelentősen eltér a kiindulási *Kirchneriella obesa* méretétől és alakjától. A sejtek általában nagyobbak, s különösen kiemelendő a karcsúságuk (pl. 9. mikrofelvétel). A végeik is annyira elkeskenyedők, hogy ezeket az objektumokat a *Kirchneriella obesa*-val morfológiailag semmiesetre sem lehet azonosítani. Azt is meg kell állapítanunk, hogy ezek a sejtformák a Brunnthaler által felsorolt egyéb fajokkal sem azonosíthatók. Az íveltségük is nagyon különböző.

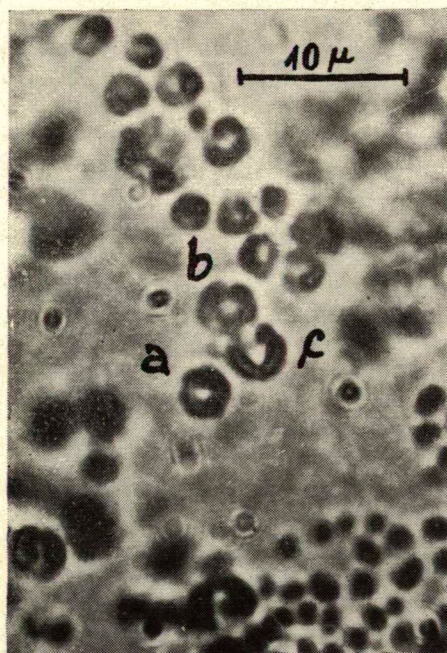
2. A *Kirchneriella* sejtalak — a kifliszerű forma — határozott fejlődési folyamat eredménye, s viszonylag legtartósabb állapot az egyedi fejlődés folyamatában. Ez a fejlődés az ún. horpadásos fragmentáció során megy végbe, mely többet, mint az amitotikus sejtosztódás új formáját, már több növényi mikroszervezet fejlődési folyamatában észleltem [8]. A *Kirchneriella* fejlődésében a kifliszerű alakot egy gömb vagy tojásszerű alak előzi meg, amely a horpadásos fragmentáció révén kirchnerielloid formává alakul. A gömbalakú sejt ellaposodik, majd a közepén behorpad. A horpadás helyén a sejt hamarosan kilyukad, s így egy vastag gyűrűszerű objektum képződik. Ilyen állapotban van pl. a II. tábla 9. mikrofelvételén az »a« sejt. A gyűrű egy helyen átszakad (jelen esetben ez az »a« sejt alsó jobboldalán látható is), s így egy olyan erősen hajlott kifliszerű objektum áll előttünk, amelynek két vége majdnem összeér. A gyűrű kiszakadás közbeni állapotát mutatja a 10. mikrofénykép »a« sejtje is. A 11. kép ugyancsak »a« jelzésű sejtjénél a kiszakadás már éppen megtörtént. A 14. kép »a« sejtjénél az átszakadás után a sejtvégek már kissé eltávolodtak egymástól. A sejtek többsége félkörívben terjeszkedik ki, de ritkán szélsőséges mértékű is lehet. A 11. kép »b« sejtje még megőrizte a *Kirchneriella* jellegét; a 14. mikrofelvétel »b« sejtjénél azonban a kiegyenesedés már csaknem teljesnek mondható. Ez utóbbi objektum már annyira elűt a *Kirchneriella* taxonómiailag elismert formájától, hogy — *ha nem ismernők keletkezése körülményeit és ha átmeneti formák nem kötnék össze a normális íveltségű alakokkal — nem lehetne besorolni a Kirchneriella alakkörébe, illetve más genus felállítására adhatna alapot. Az átszakadással képződött erősen ívelt sejtforma kinyúlásának még szélsőségesebb példáit lehetett észlelni a telepeknek ágarról folyadéktáptalajba való oltása nyomában. Erre később még visszatérek.*

3. A telep belsejében a sejtek az összenyomódás következtében gyakran sokszögletesek. Pl. 11. kép »b«, 12. kép »b—c—d«, 13. mikrofelvétel »a—b« sejtek, stb. A sejtek e kényszerű alakjukat a zsúfoltságból való kikerülésük után is megtartották.

4. A telep belsejében végbemenő folyamatok között végül meg kell említenünk a fejlődő sejtek ismételt szétesését, hyperfragmentációját. A 13. kép felső széle közepén egy tojásalakú *Chlorella*-szerű sejt látható 2160-



14



15



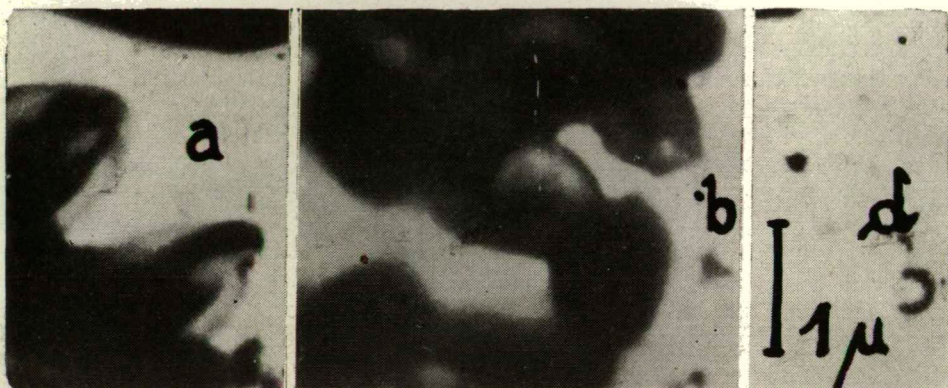
16

szoros össznagyításban. E sejt a centrális horpadás után bipoláris réselő-déssel két részre fragmentálódott. Tőle balra lefelé egy másik osztódásban lévő »chlorelloid«, amelynek jobboldali fele ismét két részre fragmentáló-dott. A fejlődésben lévő sejtek horpadásos fragmentációja olykor röviden zajlik le azáltal, hogy a horpadás és átllyukadás excentrikusan megy végbe, azaz a folyamat előrehaladtával a korongszerűvé vált objektum pereme felé közeledik. Ez az eset látható a 12. mikrofénykép »a« sejtjénél. Az ilyen objektumnál a teljes szétesés szintén bekövetkezik. A 11. mikrofelvétel »c« sejtjénél a horpadás teljes szétesésbe megy át, amelynek eredménye-ként — mint az említett sejt környezetében látható — 1—2 mikronos sok-szögletű vagy rövid pálcikaszerű testecskék halmaza keletkezik. E zöld színű kis szemecskék átmérője néha a 0.5 mikront sem éri el.

A szétesés a már kialakult *Kirchneriella* sejteknél is gyakori. A 13. mikrofelvétel »a« sejtjénél e folyamat még csak kezdeténél tart, még csak a sejt alsó részének fele »mállott« le, a »b« sejtnél ez már előrehaladot-tabb, mert mindkét vége szétesőben van. A 14. mikrofénykép a szétesés változatos formáit tárja elénk (2160-szoros össznagyítás). A bal felső sarok-ban lévő »c« sejt láthatólag négy fragmentumra különül. Egyenlőtlen frag-mentáció következményei a »d« és »e« jelzésű csonka sejtek. Az »f« sejt — az eredeti felvételen jól kivehetőleg — sokszoros fragmentáció előtt áll. Erősen deformálódott és alsó végéről egy hyperfragmentum válik le.

Az ágárfelületen képződött sejthalmazok olykor teljes egészükben hyperfragmentálódtak. A hyperfragmentumok belső szerkezetére vethet majd világot az a jelenség, hogy bizonyos növekedés után ezek is horpa-dásra és excentrikus kiszakadásra való hajlandóságot mutattak. Erről már az eredetileg széteső *Kirchneriella* sejtek leírásánál (1. kép) megemlékez-tem. A 14. mikrofelvétel »h« részleténél még részben ép, növekedőben lévő, részben pedig már excentrikusan kiszakadt, vagyis kifliszerű formát öltött részecskék láthatók. Szabályos *Kirchneriella* formájú a »g« jelzésű testecske. Olykor, mint pl. az »i« részecske esetében, a horpadás nyomában bipoláris átréselődés következik, s két pálcikaszerű vagy gyengén ívelt ré-szecske jön létre. Mindezek a primitív fejlődésre valló változások e pa-rányi, 0.5—2 mikron nagyságú részecskék életképessége mellett szólnak. Természetük behatóbb megismerése még további vizsgálatokat igényel. Kü-lönösen jelentős biológiai szempontból az a kérdés, hogy hol van az a határ, ameddig a feldarabolás elmehet a regenerációs képesség elvesztése nélkül. Általános jelenség ugyanis, hogy a hyperfragmentumok még ki-sebb részecskékre bomlanak. Ezek mérete rendszerint a 0.5 mikron alatt marad. A *Scenedesmus* hyperfragmentumainak 1951 nyarán végzett elek-tronmikroszkópos vizsgálata alkalmával az 1—2 mikronos testecskék kö-zött gyakoriak voltak a 0.3—0.2 mikronos részecskék is, amelyek már a baktériumok szűrhető méretkategóriáját érték el. Pl. a 2. szövegközi kép »d« részecskéje (18000-szeres össznagyítás) 0.3 mikron hosszú és széles-ségében nem éri el az 0.1 mikront. Feltűnő azonban, hogy ez is ívelt, sza-bályos formájú. Általában: a *Scenedesmus* hyperfragmentumai is, bizonyos fejlődési fok elérése után, szabályos kiflialakúak. A 2. szövegközi kép »a« és »b« testecskéi a *Scenedesmus* fejlett hyperfragmentumait szemléltetik 18000-szeres össznagyításban. Csalódásig hasonlítanak a *Kirchneriella* sejt-formájára, méretük azonban mindössze 1.5—2 mikron. De már organizált,

sejtmagnélküli részecskék. Az »a« testecskénél a felületi hártya jól látható. A *Scenedesmus* hyperfragmentációjának leírásánál már ugyancsak megemlékeztem a horpadásos fragmentációval azonos folyamatról. Az a körülmény, hogy a horpadásos fragmentáció a *Kirchneriella* kialakulásánál, valamint a *Kirchneriella* és a *Scenedesmus* hyperfragmentumainál egyaránt szabályszerűen jelentkezik, arra enged következtetni, hogy ezek a formabeli változások a plazma természetében és szerkezetében szabályszerűen beálló változásokat tükröznék.



2. szöveggközi kép: A *Scenedesmus* hyperfragmentumainak elektronmikroszkópos képe. a) kifialakú testecske felületi hártzával, b) patkóalakú hyperfragmentum, d) 0,3 mikron hosszú szabályos ívelődésű részecske a *Scenedesmus* sejt széteséséből. Össznagyítás mindhárom esetben 18 000-szeres. MTA Elektronmikroszkóp Laboratóriumából. Prep. és felvette Székelyné, 1951.

A következőkben még röviden a folyékony tápközegben végzett kísérletek eredményét ismertetem.

A hyperfragmentumok az eredeti tenyészfolyadékban rossz fényviszonyok között rendszerint nem indultak fejlődésnek, csupán igen lassan szaporodtak. Jó fényviszonyok között azonban a *Kirchneriella* sejtek fejlődése megindult, csak nem fejeződhetett be. A 15. mikrofelvételen a fejlődő testecskék ismételt szétesése látható 2160-szoros nagyításban. Az »a« testecske kb. 3 mikronos gyűrű, amely horpadásos fragmentációval jött létre, közben azonban bipoláris átréselődéssel két gyengén ívelt kifliszerű testecskére szakadt. Látható, hogy az alsó része egyenlőtlenül ismét két részre különült. A »b« testecske is hasonló módon darabolódik fel. A gyűrű bipoláris réselődéséből származó jobboldali fél láthatólag három részre esett szét. A »c« testecske már határozott *Kirchneriella* formát öltött, de ez is egyenlőtlen részekre darabolódott. Úgy látszik, hogy az anyagcseretermékeket legnagyobb mennyiségben tartalmazó eredeti tenyészfolyadék nagymértékben gátolja a sejtek kifejlődését. Ezt látszik alátámasztani az a körülmény, hogy az eredeti tenyészfolyadékhoz Knop-oldatot adva az a regenerálódást jobban elősegítette. Az ilyen tápközegben, mint a 16. mikrofelvételen látható, a *Kirchneriella* forma kifejlődik, s csak akkor következik be a szétesés. Ez úgyszólván minden sejténél tapasztalható.

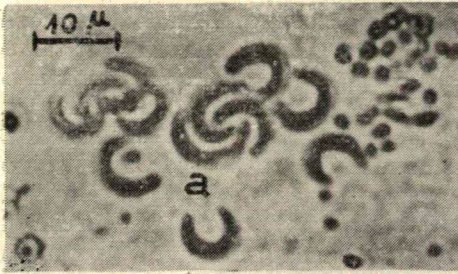
A formabeli változékonyság tanulmányozása szempontjából jelentős volt a hyperfragmentumokból ágár-lemezen képződött *Kirchneriella* telepek 10-szoros hígítású Knop-oldatba való átoltása. Mint láttuk, ezekben a telepekben a sejtek többsége ismételt szétesett. Az átoltott telepek további tenyésztése klonokat eredményezett, amelyekben az előbbiekből már részben ismertetett változékonyság szintén észlelhető volt. Különösen feltűnő volt olykor a megnyúlt karcsú sejtek képződése. Az előzőekben már láttuk, hogy az eredeti szétesésből származó hyperfragmentumokból ágáron ugyancsak karcsú sejtek képződnek. Ez a további tenyésztés folyamán még tovább fokozódott. A 17. mikrofényképen igen karcsú sejtek halmaza látható. Az »a« jelzés feletti sejt már szinte *Ankistrodesmus* jellegű. Gyakoriak voltak a csaknem kiegyenesedett sejtek is. Pl. a 19. felvétel »a« és a 20. kép ugyancsak »a« jelzésű sejtjei. Mindkettő egyben a nagyon gyakori inaekvális osztódást is szemlélteti. Ugyancsak gyakoriak voltak az S-alakú sejtek is. Ez a forma tulajdonképpen spirális térgörbe, amely különösen az *Ankistrodesmus*-nál és ritkán a *Kirchneriella*-nál is fellép. A 20. és 21. mikrofelvelelek »a« sejtjei már szokatlanul nagymérvű csavarodást mutatnak, s így emlékeztetnek az *Ankistrodesmus convolutus* var. *minutum* alkatára. Ez utóbbinál azonban a sejtek végei hegyesek.

A folyadékos klon-tenyészetekben gyakoriak voltak a *Chlorella*-szerű, gömb- vagy tojásalakú sejtek. Ezeknél a horpadásos fragmentáció nem következett be, azaz nem vették fel a *Kirchneriella* jellegzetes kifliszerű sejtalakját, hanem bizonyos idő múlva kb. 1 mikronos testecskékre estek szét. A 19. mikrofelvétel »b« sejtje szinte csalódásig hasonlít a *Chlorella ellipsoidea* sejtjeihez. Mérete és belső szerkezete is megfelel a *Chlorella* jellegnek (9 mikron hosszú, 6 mikron széles). A sejttartalom fragmentálódóban van. A 18. kép »a« sejtje az endogén jellegű szétesés előrehaladott fokát mutatja. A »b« sejt már teljesen szétesett, s a testecskék az anyaburokból kiszabadulóban vannak. A 17. kép jobb felső sarkában lévő kb. 1 mikronos testecskékből álló halmaz ugyancsak egy sejt szétesés maradványa.

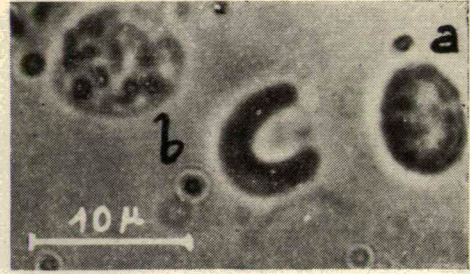
Osszefoglalás, következtetések

Az előbbiekből ismertetett vizsgálatok az egysejtű növények fejlődésében eddig ismeretlen jelenségeket tártak elő, s egyben számos kérdést is vetnek fel. Főként az utóbbiakkal kapcsolatban mutatkozik a kezdet minden nehézsége és bizonytalansága. A jelenségek megörögzítésére csak a mikroszkópi fényképezés alkalmazható, mert a fejlődési folyamatok több héten keresztül tartanak. Az értelmezésbeli hiányosságokon csak a további kísérletes munka segíthet. A felbukkanó legfontosabb kérdések: nem autospórák-e a hyperfragmentumok, minden testecske képes-e regenerációra, mi a horpadásos fragmentáció belső tartalma, hogyan értelmezendő a változékonyság jelen esetben, stb., mind mind olyanok, hogy csak az elmélyültebb megismerés, főként a módszeresebb kísérleti munka révén nyernek majd határozottabb tartalmat és megfogalmazást.

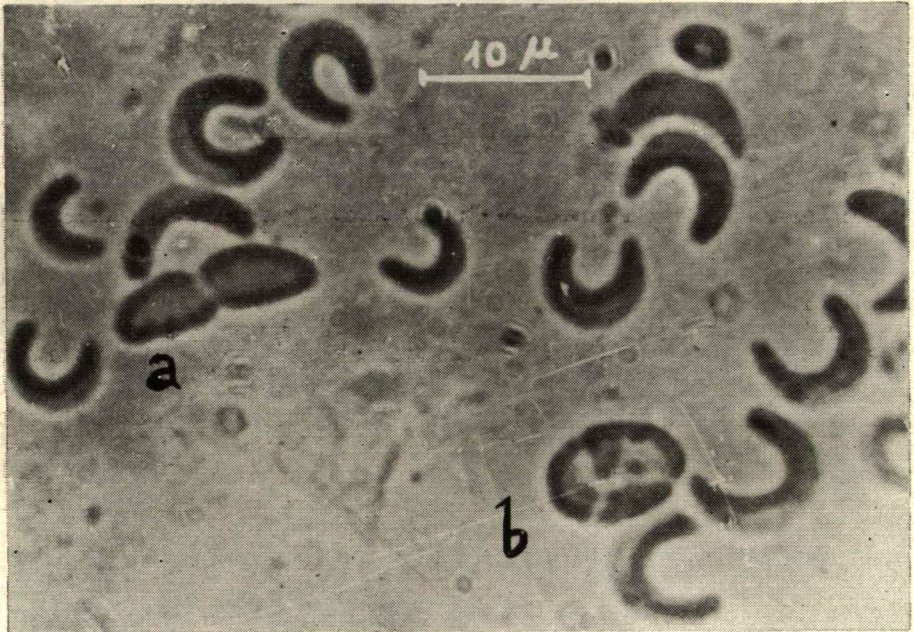
Az autospóra fogalma sejtmaggal rendelkező szaporító objektumra vonatkozik. Jelen esetben pedig a szétesés golyóalakú termékeiben kidifferenciált sejtmagot nem lehetett megállapítani. Megvizsgálandó, hogy mi-



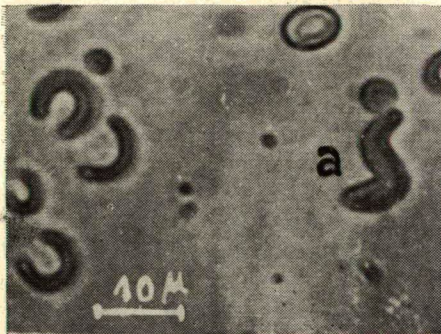
17



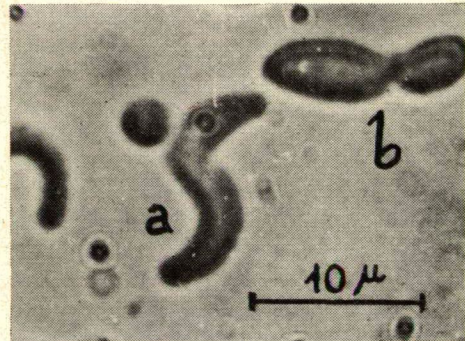
18



19



20



21

lyen összefüggés van a hyperfragmentumok mérete és diffúz maganyag-tartalma, valamint a regenerációs-képesség között. A maganyag kimutatásánál még behatóbb hisztokémiai vizsgálatok szükségesek. Ez esetben is bebizonyosodott, hogy a horpadásos fragmentáció egyes növényi mikroszervezetek életében nemcsak szaporodási forma, hanem igen fontos fejlődési folyamatok tükrözője is, melyeknek során a sejt egyik fejlődési-fázisából a másikba kerül, vagy amelyekben a faj morfológiai bélyegeiben bizonyos mérvű változások állanak be.

A hyperfragmentumok regenerációja, illetve a *Kirchneriella* sejtek kialakulása közben a következő változások léptek fel:

1. *Kirchneriella subsolitaria*-hoz hasonló alak létrejött a hyperfragmentumoknak áráron való fejlődése során (4. mikrofelvétel).

2. Igen karcsú, *Ankiströdesmus* jellegű sejtek képződése klontenyészetben (17. mikrofelvétel »a« sejt).

3. Csaknem egyenes (19. kép »a« és 21. kép »b« sejtek), valamint S-alakú sejtek (20—21. kép »a«) képződése, ugyancsak klonban.

4. A hyperfragmentumokból fejlődő gömb- vagy tojásalakú sejtek nem mennek át a horpadásos fragmentáción, hanem megmaradnak *Chlorella*-szerű sejtek formájában, s mint ilyenek esnek szét bizonyos idő múlva (19. »b«, 18. »a—b«). A *Kirchneriella* sejtek e fejlődési fázisa, tehát összetéveszthető esetleg a *Chlorella* sejtjeivel. Ez a körülmény a *Chlorella* fajok határozásánál tenyésztési vizsgálatokat tesz szükségessé. Az azonosítás csak ez alapon lehetséges.

Az előbbi körülmény szükségessé teszi azonban a *Chlorella* fajok biológiai realitásának tenyészkísérletek segítségével való megvizsgálását is. Az, amit *Chlorellának* nevezünk vagy határozunk, nem bizonyos, hogy valóban *Chlorella* is.

A leírt *Chlorella* fajok biológiai realitását illetően már *Brunnthal* is kétkedő hangot ütött meg. A *Chlorellaceae*-család általános jellemzésében [1] a következőket írja: »Die Zusammengehörigkeit der angeführten Formen ist nicht sicher.« A genus leírásánál ez a kétkedés még határozottabb formát ölt: »Die Gattung ist in der jetzigen Umgrenzung ganz unnatürlich; erst durch neuerliche vergleichenden Untersuchungen ist eine Neuordnung möglich; besonders Augenmerk ist auf das Assimilationsprodukt zu lenken. *Chlorella* kann sich auch organisch ernähren und verliert hierbei sein Chlorophyll.«

A monomorf szemlélet, illetve az a felfogás, amely a morfológiai különbségeket huzamosabb megfigyelés vagy kísérleti ellenőrzés nélkül új fajok megkülönböztetésére használja fel, az előbbieket kétkedéssel fogadja. Nem helyes azonban a fajok biológiai realitásának vizsgálatát »polimorfista anarchiának« nevezni és elvetni. A növényi mikroszervezetek fajai is biológiailag reális létezők, az evolúció szakaszai, meghatározott külső és belső tulajdonságokkal. Ezek a sajátosságok, mint biológiailag reális faji bélyegek, csak az egész fejlődésmenet teljes ismeretében állapíthatók meg. Ha az egyedi fejlődés folyamatát nem ismerjük, külön fajoknak minősíthetünk esetleg fejlődésbeli fázisokat is. Az életkór a növényi mikroszervezeteknél is jelentős felépítettségbeli elváltozásokkal jár. Eddigi

vizsgálataim azt mutatták, hogy a *Kirchneriella* fejlődésében a kifliszerű alakot egy gömbalakú (chlorelloid) fázis előzi meg. Ezt a *Chlorella* fajok határozásánál is célszerű figyelembe venni. A fajok mibenlétének kutatásánál is csak a sokoldalú vizsgálódás hozhat új részgazságot, vezethet az elmélyültebb megismerés felé.

Táblamagyarázat

1. Kirchneriella obesa hyperfragmentációs szétesése az eredeti tenyésztésben. 1080:1.

2. Előbbi kép »a« sejtjének erősebb nagyítása. A fragmentumok kiszakadása helyén a gödrök jól láthatók. 2160:1.

3. 20-szoros hígítású Knop-féle oldatban tenyésztett hyperfragmentumok. 1800:1.

4—8. Knop-ágarra szélesztett hyperfragmentumok teleppé fejlődése. 4. = 960:1. 5—6. = 1800:1, 7—8. = 1080:1.

9—14. Knop-ágar felületén kialakult telepek belsejében észlelhető jelenségek. 2160:1.

15—16. Regenerációs képesség csökkenése. 2160:1.

17. Szélsőségesen karcsú sejtek klontenyészetből. 1080:1.

18—21. Kiegyenesedett sejtek, S-alakú sejtek és Chlorella-szerű sejtek megjelenése klon-tenyésztésben. 2160:1.

Irodalom

- [1] Brunnthaler, J.: Protococcales, In Pasher's Süßwasserflora, V. pp. 250, Jena, 1915.
- [2] Claude, A.: Cell morphology and the organization of enzymatic systems in cytoplasm, Proc. of the Roy. Soc. B., 907. p. 177—186., 1954.
- [3] Geitler—Pascher: Cyanochlorodinae-Chlorobacteriaceae in Pascher's Süßwasserflora XII., p. 451—463., 1925.
- [4] Hill, R., Northcote, D., Davenport, H., E.: Active chloroplast preparations from Chlorella pyrenoidosa, Nature, 172. p. 948—949., 1953.
- [5] Juhász, I.: A mikroorganizmusok változékonysága különös tekintettel a baktériumok szűrhető formáira, Biol. Közl. II., p. 51—67., 1954.
- [6] Kiss, I.: Tovább élő plazmarészecskék képződése a Scenedesmus sejtek hyperfragmentációs szétesése révén, Annal. Biol. Univ. Hung., II. p. 429—440., 1952.
- [7] Kiss, I.: Das Entstehen von Zellen aus Plasmateilchen pflanzlicher Mikroorganismen, Acta Biologica, VI. p. 231—255.
- [8] Kiss, I.: Az amitotikus sejtosztódás új formájáról, Biol. Közl. II., p. 83—92., 1954.
- [9] Kuthy, S., Juhász, B.: Biokémia pp. 380, Budapest, 1953.
- [10] Punnett, T.: Fabiyi, A.: Production of oxygen from chloroplast preparation, Nature, 172, p. 947—948., 1953.
- [11] Schanderl, H.: Über die natürliche und künstliche Verwandlung von Schimmelpilzen und Hefen in Bakterien, Mikroskopie, VI, p. 146—157., 1951.
- [12] Schanderl, H.: Methoden zur Auslösung spontaner Bakterienentwicklung in normalen Pflanzengewebe bzw. Pflanzenzellen, BDBG, 66, p. 79—88., 1953.

Размножение клеток вида *Kirchneriella* путем гиперфрагментационного распада.

И Кишш

1. Клетки *Kirchneriella obesa*, образующие массовые продукции, в своей оригинальной воде нахождения, распались в мелкие зеленые корпускулы (размером в 1—2 микрона), как это видно на снимках 1., 2. Эти, напоминающим коррозию путем, вырвались из поверхности клетки, а на месте вырвавшихся корпускул остались только углубления на клеточной поверхности (снимок 2.).

2. Большинство корпускул оказалось способным к развитию и размножению. В их оригинальной воде нахождения и при неблагоприятном свете эти развились только медленно, но при благоприятном свете стали развиваться.

3. Частицы, способные к размножению (снимок 3.), на агаре Кнопа, регенерировались в клетки *Kirchneriella* (снимки 4—8.). Их Развитие этих последних происходит путем т. н. выдолбленной фрагментации. Клетки, оригинально шаровидные (снимок 4.), становятся немножко плоскими, в их середине образуется углубление, на месте которого впоследствии получается дырка. Таким образом мы имеем кольцеобразный объект, который прорывается на одной из своих сторон (клетки «а» снимков 9., 10., 11.), концы кольца начинают отдаляться друг от друга, и таким путем получается луннообразная форма вида *kirchneriella*. В отдалении друг от друга концов кольца есть разные степени. Клетка «а» снимка 14. является еще подковообразной, но находящаяся в ее соседстве клетка «b» уже почти выпрямившейся.

4. Внутри слоевищ, развившихся на агаре (снимки 7—8.), клетки часто принимают угловые формы (образы b—d снимка 12.), потом опять распадаются в мелкие корпускулы (снимки 11—14.) образовавшиеся гиперфрагменты в ходе развития часто принимают луннообразные формы (снимок 14., части h—g).

5. При перевивке образовавшихся на агаре слоевищ в раствор Кнопа ссдвадцатикратным разбавлением и при их колне проявляются значительные разнообразия форм: тонкие клетки (клетка «а» снимка 17.), выпрямившиеся клетки (клетка «а» снимка 19. и клетка «b» снимка 20.), S — образные клетки) клетки «а» снимков 20. и 21.).

6. шаро- или яйцеобразные клетки, принимающие путем пробивки клетки в ее середине и прорыва кольца луннообразные формы вида *Kirchneriella*, легко смешиваются с клетками вида *Хлорелла*. Поэтому должны проводиться испытания по культуре для установления биологической ральнрсти и биологического тождества.

Von I. KISS

1. Die eine Massenproduktion bildenden Zellen der *Kirchneriella obesa* zerfielen in kleine grüne Körperchen mit einem Durchschnitt von 1—2 Mikron im originalen Züchtungswasser. Die kugelförmigen Körperchen, wie es auf den Mikroaufnahmen 1—2 zu sehen ist, rissen sich von der Oberfläche der Zelle korrosionsartig heraus, an ihrer Stelle blieben bloss bedeutende Vertiefungen auf der Zelloberfläche (Aufn. 2.).

2. Die Mehrheit der Körperchen erwies sich vermehrungs- und entwicklungsfähig. In originalem Züchtungswasser und bei ungünstigem Licht vermehrten sie sich nur sehr langsam, bei besseren Lichtverhältnissen begannen sie sich stärker zu entwickeln.

3. Die vermähnungsfähigen Teilchen (Aufn. 3.) regenerierten sich auf Knop-schem Agar zu *Kirchneriella*-Zellen (Aufn. 4—8). Die Entwicklung geht in Form von sog. Einbuchtungsfragmentation vor sich. Die originalen kugelförmigen Zellen (Aufn. 4.) werden bisschen flacher, in ihrer Mitte entsteht eine Einbuchtung, welche endlich durchlöchert wird. So entsteht

ein ringförmiges Objekt, welches an einer Seite durchreißt (Zellen »a« der Aufn. 9—10—11.), beide Enden des Ringes entfernen sich voneinander, und es erscheint die charakteristische Kipfform der Art *Kirchneriella*. In der Entfernung beider Enden voneinander erfahren wir gewisse Stufen: die Zelle »a« der Aufn. 14. hat noch eine Hufeisenform, bis Zelle »b« beinahe eine gerade Linie aufweist.

4. Im Inneren der sich auf Agar entwickelnden Lager (Aufn. 7—8.) erhielten die Zellen oft eckige Formen (Zellen »b—d« der Aufn. 12.) und zerfielen wieder in winzige Körperchen. (Aufn. 11—14.). Die so entstehenden Hyperfragmente erhalten in ihrem Wachsen oft eine Kipfform (Stellen h—g der Aufn. 14.).

5. Bei der Überimpfung der auf Agar entwickelten Lager in Knopsche Lösung mit 20-maler Verdünnung und bei Züchtung derselben entstanden bedeutende Formveränderungen: schlanke Zellen (Zelle »a« der Aufn. 17), fast gerade gewordene Zellen (Zelle »a« der Aufn. 19. und »b« der Aufn. 20.), S-förmige Zellen (Zellen »a« der Aufn. 20—21.).

6. Die kippel- oder eiförmigen Zellen, welche nach der Durchlöcherung und dem Durchriss des Ringes eine Kipfform aufnehmen, sind sehr leicht mit den Zellen der Art *Chlorella* zu verwechseln. Zur Feststellung der biologischen Realität und Identität empfiehlt es sich allerdings eine Züchtungsuntersuchung abzustatten.